

# Perbaikan Jatuh Tegangan pada *Feeder* Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Teluk Kuantan

Hermanto, Dian Yayan Sukma<sup>1</sup>, Feranita<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email:andto82@yahoo.co.id

## ABSTRACT

*Electric power is the basic human needs in life. Indonesia's electricity mostly served by a state-owned company that we know the name of PT. PLN (Persero), which energy sourced electricity generated from power plants. In the town of Teluk Kuantan Kuantan Singingi source of electrical energy obtained from the substation with an installed capacity of 2 x 30 MVA, in which the high voltage transmission line 150 kV supplied from the substation Kiliranjao West Sumatra Province which consists of 6 (six) Feeder which mostly caters to needs households and industry. Along with the development of an area, it will have an impact on the amount of electrical energy requirements will result in the distribution channel spacing between plants and consumers increasingly distant. With the longer the distribution channels and the increasing burden on the Feeder will increase power loss which resulted in a fall in voltage. To overcome these problems need to do repair them with the installation of capacitor banks and enlarging the cross sectional area Conductor medium voltage air channels. Before the repair needs to be calculated by using the power flow ETAP Software 7.5. After calculating for the combined method between the capacitor bank and enlarge the airway cross-sectional area Conductor medium voltage obtained the lowest percentage of voltage drop at the level of 1.52% and the highest at the level of 4.92% of the voltage sent.*

*Keywords: Voltage drop, feeder distribution network, medium voltage 20 kV*

## PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya suatu daerah kebutuhan akan tenaga listrik akan selalu meningkat, tenaga listrik dibutuhkan untuk menunjang proses pembangunan dan mendorong kemajuan suatu daerah dalam berbagai sektor antara lain sektor pembangunan, perekonomian, pendidikan, dan bidang teknologi.

Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk, maka kebutuhan energi listrik juga semakin meningkat. Dalam penyaluran energi listrik terdapat beberapa masalah yang sering dihadapi diantaranya adalah "Jatuh Tegangan". Besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi tergantung pada beberapa faktor diantaranya jenis dan panjang saluran penghantar,

tipe jaringan distribusi, tipe beban, faktor daya dan besarnya jumlah daya terpasang serta banyaknya pemakaian beban-beban induktif yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan beban reaktif.

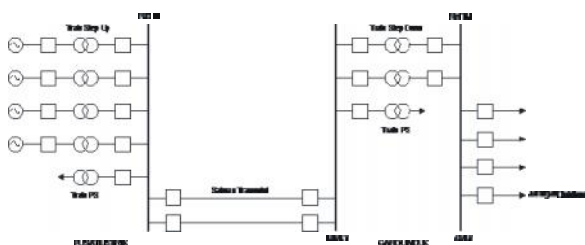
Untuk mengatasi hal tersebut diatas terdapat beberapa metode yang biasa digunakan untuk memperbaiki jatuh tegangan, adapun metode yang biasa digunakan adalah dengan pemasangan kapasitor bank, dan memperbesar luas permukaan penampang saluran distribusi. Pemasangan kapasitor bank fungsinya untuk memperkecil arus yang mengalir pada penghantar serta untuk memperbaiki faktor daya sehingga akan mengurangi besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi, sementara dengan memperbesar luas permukaan penghantar saluran

berfungsi untuk mengurangi impedansi saluran sehingga dapat memperkecil rugi-rugi yang terjadi pada saluran distribusi.

## BAHAN DAN METODE

### Komponen Sistem Distribusi

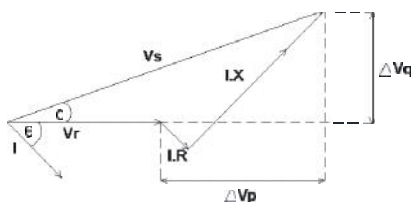
Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga komponen utama, yaitu pembangkitan tenaga listrik, transmisi dan distribusi. Setelah tenaga listrik dibangkitkan dalam pusat listrik, maka tenaga listrik ini disalurkan (ditransmisikan) lalu didistribusikan kepada para konsumen tenaga listrik. Proses penyediaan tenaga listrik bagi para konsumen ini secara singkat digambarkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Proses Penyediaan Tenaga Listrik (Pembangkitan dan Penyaluran)

### Jatuh Tegangan

Umumnya beban yang terdapat pada sistem tenaga listrik bersifat resistif dan induktif. Beban tersebut akan menyerap daya aktif dan daya reaktif yang dihasilkan dari pusat sumber listrik. Penyerapan daya reaktif yang diakibatkan oleh beban induktif akan menyebabkan timbulnya jatuh tegangan yang dihasilkan dari pusat sumber listrik. Akibatnya nilai tegangan di sisi penerima akan berbeda dengan nilai tegangan di sisi pengirim. Persamaan jatuh tegangan dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini



Gambar 2. Diagram Fasor Jatuh Tegangan

$$V_s^2 = (V_r + V_p)^2 + (\Delta V_q)^2 \quad (1)$$

Keterangan :

$V_s$  = tegangan di sisi pengirim

$V_r$  = tegangan di sisi penerima

$V_p$  = Tegangan jatuh

dimana :

$$V_p = IR \cos \theta + IX \sin \theta \quad \text{dan} \quad (2)$$

$$V_q = IX \cos \theta - IR \sin \theta \quad (3)$$

Sehingga persamaan tegangan di sisi pengirim ( $V_s$ ) menjadi :

$$V_s^2 = (V_r + IR \cos \theta + IX \sin \theta)^2 + (IX \cos \theta - IR \sin \theta)^2 \quad (4)$$

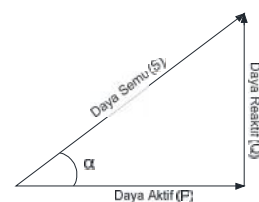
Karena nilai  $V_q = IX \cos \theta - IR \sin \theta$  sangat kecil, maka nilai tersebut dapat diabaikan. Sehingga persamaan  $V_s^2$  menjadi :

$$V_s^2 = (V_r + V_p)^2 \quad (5)$$

$$V_p = IR \cos \theta + IX \sin \theta \quad (6)$$

### Faktor Daya

Dalam rangkaian listrik, biasanya terdapat tiga macam beban listrik yaitu beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif. Beban resistif adalah beban yang hanya terdiri dari tahanan dalam satuan ohm dan daya yang dikonsumsi hanya daya aktif saja. Beban induktif mempunyai ciri-ciri disamping mengkonsumsi daya aktif, juga menyerap daya reaktif yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet dalam beban tersebut, jadi jumlah vektor dari daya reaktif ( $Q$ ) dan daya aktif ( $P$ ) biasa disebut dengan daya semu ( $S$ ) seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Vektor diagram segitiga daya

Dari Gambar 3 daya semu =  $S$ , sehingga

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (7)$$

Dan diperoleh juga rumus untuk segitiga daya :

$$P = VI \cos \phi ; Q = VI \sin \phi ; S = VI \quad (8)$$

Perbandingan antara daya aktif dengan daya semu disebut faktor daya.

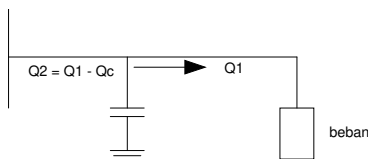
$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (9)$$

### Perbaikan Faktor Daya

Meningkatkan faktor daya dapat dilakukan dengan memasang kapasitor bank pada jaringan, kapasitor memiliki sifat alami untuk menyimpan muatan listrik ketika dialiri arus sehingga muatan yang terkumpul akan menimbulkan tegangan listrik. Muatan yang terkumpul memiliki cadangan daya reaktif yang sangat tinggi. Sehingga jika suatu waktu jaringan membutuhkan pasokan daya reaktif, kapasitor bisa memberikan cadangan yang dimiliki pada jaringan yang membutuhkan.

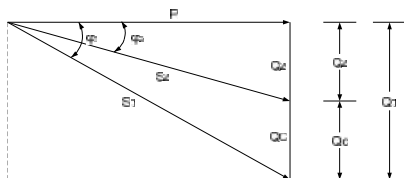
### Kapasitor sebagai Perbaikan Jatuh Tegangan

Jika suatu *feeder* melayani beban induktif dengan faktor daya *lagging* (terbelakang), dengan faktor daya yang rendah akan menambah daya terpasang (kVA) yang lebih tinggi untuk kebutuhan daya aktif yang konstan. Diagram pemasangan kapasitor dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini



**Gambar 4 Diagram pemasangan kapasitor**

Kapasitor mengambil daya reaktif leading dari sumber dan dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



**Gambar 5 Diagram segitiga daya reaktif**

Keterangan :

P = Daya aktif (Watt)

Q1 = Daya reaktif awal (VAR)

Q2 = Daya reaktif yang diinginkan (VAR)

Qc = Daya reaktif yang perlu ditambahkan (VAR)

$\tan \phi_1$  = tangen sudut faktor daya awal

$\tan \phi_2$  = tangen sudut faktor daya yang diinginkan

### Penempatan Kapasitor Bank

Untuk tingkat beban yang berubah pemasangan kapasitor dengan tingkat kompensasi k tertentu, maka lokasi optimum penempatan kapasitor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$X_1 = 1 - \frac{(2i-1)}{2n} . k.l \quad (10)$$

Keterangan :

$i$  = letak kapasitor 1,2,3 ....dst

$k$  = faktor kompensasi

=  $\frac{\text{Cap kVAR terpasang pada tiap lokasi}}{\text{kVAR total beban reaktif}}$

$n$  = jumlah kapasitor

$l$  = panjang total saluran

### Impedansi pada Saluran Distribusi

Impedansi (Z) terdiri dari resistansi (R) dan reaktansi (X). Impedansi merupakan parameter utama pada suatu saluran transmisi/distribusi. Impedansi pada saluran transmisi/distribusi perlu diketahui untuk melakukan analisa sistem, baik untuk analisa aliran daya, hubung singkat dan proteksi, kestabilan sistem maupun kontrol sistem. Nilai resistansi ditentukan oleh jenis dan ukuran kawat penghantar, sedangkan nilai reaktansi (induktif dan kapasitif) ditentukan oleh jarak antar saluran dan jumlah serat kawat penghantarnya. Biasanya untuk sistem bertegangan rendah dan menengah, reaktansi kapasitif dapat diabaikan, karena nilainya relatif kecil dibandingkan dengan reaktansi induktif.

$$Z = R + jX \quad (11)$$

Z = impedansi (Ohm)

R = resistansi (Ohm)

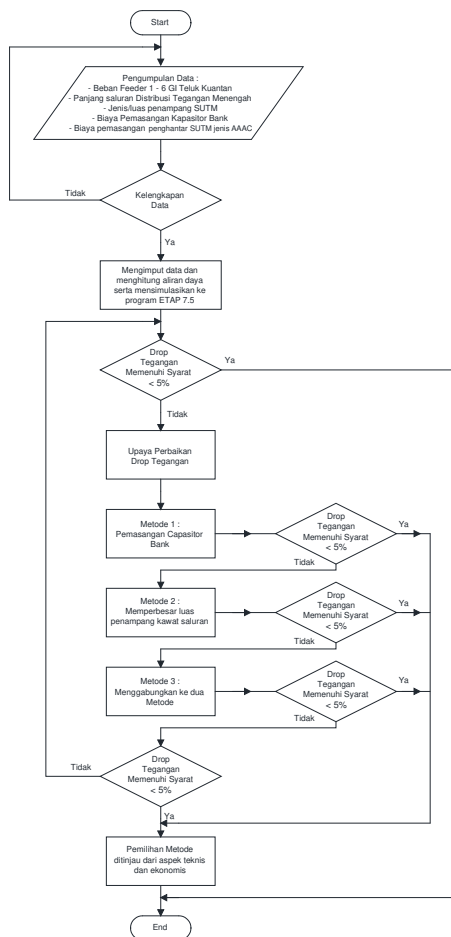
$jX$  = reaktansi (Ohm)

### Penyelesaian Aliran Daya

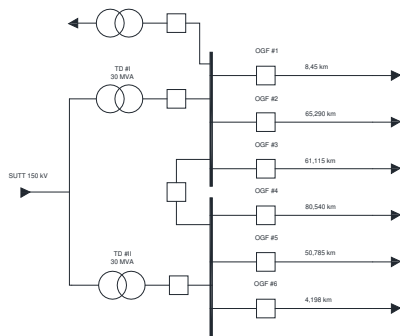
Studi aliran daya memiliki fungsi yang sangat penting dalam merencanakan perluasan sistem tenaga listrik dan menentukan operasi terbaik dari suatu sistem. Keterangan utama yang diperoleh dari suatu studi aliran daya adalah besar dan sudut fasa tegangan pada setiap bus dan daya nyata serta daya reaktif yang mengalir pada setiap saluran. Untuk metode penyelesaian aliran daya yang digunakan adalah metode *Newton Rhapson*.

## Metode Penelitian

Flowchart penelitian perbaikan jatuh tegangan



Gambar 6 Flowchart Penelitian



Gambar 7 Single Line Diagram Jaringan Distribusi Tegangan Menengah pada GI Teluk Kuantan

## Perhitungan Ukuran Kapasitor Bank untuk Feeder 2

untuk faktor kompensasi kapasitor (k) yang digunakan adalah 60% untuk seluruh feeder,

hal ini bertujuan untuk mengantisipasi terjadinya tegangan lebih (*Over Voltage*) apabila nilai kompensasi daya reaktif sama dengan total daya reaktif pada masing-masing feeder.

$$k = \frac{\text{Cap kVAR terpasang pada tiap lokasi}}{\text{kVAR total beban reaktif}}$$

$$60\% = \frac{\text{Cap kVAR terpasang pada tiap lokasi}}{3.115 \text{ kVAR}}$$

$$Q_c = 1.868,94 \text{ kVAR atau} \\ = 14.880,11 \mu\text{f per fasa}$$

Jika menggunakan kapasitor 300 kVAR dengan menggunakan persamaan 10 maka jumlah kapasitor yang harus terpasang adalah :

$$n = 1.868,94 \text{ kVAR} / 300 \text{ kVAR}$$

$$n = 6,23 \text{ Unit atau dibulatkan menjadi 6 Unit}$$

$$\text{Letak Kapasitor 1 (X}_1\text{)} = 1 - \frac{(2 \times 1 - 1)}{2 \times 6} \times 60\% \times 223 \text{ km}$$

$$\text{Letak Kapasitor 1 (X}_1\text{)} = 122,65 \text{ km (pada trafo SK-161)}$$

Untuk peletakan posisi kapasitor X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub> dan X<sub>6</sub> dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1 Posisi Peletakan Kapasitor Bank Pada Feeder 2

URUTAN KAPASITOR	POSISI DAN PELETAKKAN KAPASITOR	
	Km	Posisi
X2	100,35	Trafo SK-188
X3	78,05	trafo SK-146
X4	55,75	trafo BR-172
X5	33,45	trafo TK-271
X6	11,15	trafo TK-094

## Perhitungan Ukuran Kapasitor Bank untuk Feeder 3

$$k = \frac{\text{Cap kVAR terpasang pada tiap lokasi}}{\text{kVAR total beban reaktif}}$$

$$60\% = \frac{\text{Cap kVAR terpasang pada tiap lokasi}}{2.161 \text{ kVAR}}$$

$$Q_c = 1.296,76 \text{ kVAR atau} \\ = 10.324,50 \mu\text{f per fasa}$$

Jika menggunakan kapasitor 300 kVAR dengan menggunakan persamaan 10 maka jumlah kapasitor yang harus terpasang adalah :

$$n = 1.296,76 \text{ kVAR} / 300 \text{ kVAR}$$

$$n = 4,32 \text{ Unit atau dibulatkan menjadi 4 Unit}$$

$$\text{Letak Kapasitor 1 } (X_1) = 1 - \frac{(2 \times 1 - 1)}{2 \times 4} \times 60\% \times 113,79 \text{ km}$$

Letak Kapasitor 1 ( $X_1$ ) = 94,58 km (pada trafo ML-027)

Untuk peletakan posisi kapasitor  $X_2$ ,  $X_3$ , dan  $X_4$ , dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini :

**Tabel 2 Posisi Peletakan Kapasitor Bank Pada Feeder 3**

URUTAN KAPASITOR	POSISI DAN PELETAKKAN KAPASITOR	
	Km	Posisi
X2	67,56	trafo SB-012
X3	40,53	trafo SB-007
X4	13,51	TK-099

#### Perhitungan Ukuran Kapasitor Bank untuk Feeder 4

$$k = \frac{\text{Cap kVAR terpasang pada tiap lokasi}}{\text{kVAR total beban reaktif}}$$

$$60\% = \frac{\text{Cap kVAR terpasang pada tiap lokasi}}{1.155 \text{ kVAR}}$$

$$Q_c = 693,16 \text{ kVAR atau } 5.518,76 \text{ } \mu\text{f per fasa}$$

Jika menggunakan kapasitor 300 kVAR dengan menggunakan persamaan 10 maka jumlah kapasitor yang harus terpasang adalah :

$$n = 693,16 \text{ kVAR} / 300 \text{ kVAR}$$

$n = 2,31$  Unit atau dibulatkan menjadi 2 Unit

$$\text{Letak Kapasitor 1 } (X_1) = 1 - \frac{(2 \times 1 - 1)}{2 \times 2} \times 60\% \times 142,98 \text{ km}$$

Letak Kapasitor 1 ( $X_1$ ) = 101,87 km (pada trafo CR-005)

Untuk peletakan posisi kapasitor  $X_2$  dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini :

**Tabel 3 Posisi Peletakan Kapasitor Bank Pada Feeder 4**

URUTAN KAPASITOR	POSISI DAN PELETAKKAN KAPASITOR	
	Km	Posisi
X2	33,95	trafo BR-275

#### Perhitungan Ukuran Kapasitor Bank untuk Feeder 5

$$k = \frac{\text{Cap kVAR terpasang pada tiap lokasi}}{\text{kVAR total beban reaktif}}$$

$$60\% = \frac{\text{Cap kVAR terpasang pada tiap lokasi}}{1.610 \text{ kVAR}}$$

$$Q_c = 965,95 \text{ kVAR atau } 7.690,71 \text{ f per fasa}$$

Jika menggunakan kapasitor 300 kVAR dengan menggunakan persamaan 10 maka jumlah kapasitor yang harus terpasang adalah :

$$n = 965,95 \text{ kVAR} / 300 \text{ kVAR}$$

$n = 3,22$  Unit atau dibulatkan menjadi 3 Unit

$$\text{Letak Kapasitor 1 } (X_1) = 1 - \frac{(2 \times 1 - 1)}{2 \times 3} \times 60\% \times 106,8 \text{ km}$$

Letak Kapasitor 1 ( $X_1$ ) = 84,55 km (pada trafo LJ-220)

Untuk peletakan posisi kapasitor  $X_2$ , dan  $X_3$  dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini :

**Tabel 4 Posisi Peletakan Kapasitor Bank Pada Feeder 5**

URUTAN KAPASITOR	POSISI DAN PELETAKKAN KAPASITOR	
	Km	Posisi
X2	50,73	trafo LJ-068
X3	16,91	trafo TK-125

#### Perhitungan Impedansi Penghantar SUTM untuk Feeder 2

Untuk luas penampang kawat AAAC 240 mm<sup>2</sup>

- Panjang saluran utama = 65,29 Km
- Nilai R = 0,115 Ohm/km
- Nilai X = 0,228 Ohm/km

Berdasarkan persamaan 11 maka nilai impedansi adalah :

$$\begin{aligned} Z &= R + jX \\ &= \sqrt{R^2 + X^2} \times (\text{panjang saluran}) \\ &= \sqrt{0,115^2 + 0,228^2} \times (65,29) \\ &= 16,67 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

#### Perhitungan Impedansi Penghantar SUTM untuk Feeder 3

Untuk luas penampang kawat AAAC 240 mm<sup>2</sup>

- Panjang saluran utama = 61,115 Km
- Nilai R = 0,115 Ohm/km
- Nilai X = 0,228 Ohm/km

Berdasarkan persamaan 11 maka nilai impedansi adalah :

$$\begin{aligned} Z &= R + jX \\ &= \sqrt{R^2 + X^2} \times (\text{panjang saluran}) \end{aligned}$$

$$= \sqrt{0,115^2 + 0,228^2} \times (61,115)$$

$$= 15,62 \text{ Ohm}$$

#### Perhitungan Impedansi Penghantar SUTM untuk Feeder 4

Untuk luas penampang kawat AAAC 240 mm<sup>2</sup>

- Panjang saluran utama = 80,54 Km
- Nilai R = 0,115 Ohm/km
- Nilai X = 0,228 Ohm/km

Berdasarkan persamaan 11 maka nilai impedansi adalah :

$$Z = R + jX$$

$$= \sqrt{R^2 + X^2} \times (\text{panjang saluran})$$

$$= \sqrt{0,115^2 + 0,228^2} \times (80,54)$$

$$= 20,57 \text{ Ohm}$$

#### Perhitungan Impedansi Penghantar SUTM untuk Feeder 5

Untuk luas penampang kawat AAAC 240 mm<sup>2</sup>

- Panjang saluran utama = 50,78 Km
- Nilai R = 0,115 Ohm/km
- Nilai X = 0,228 Ohm/km

Berdasarkan persamaan 11 maka nilai impedansi adalah :

$$Z = R + jX$$

$$= \sqrt{R^2 + X^2} \times (\text{panjang saluran})$$

$$= \sqrt{0,115^2 + 0,228^2} \times (50,78)$$

$$= 12,97 \text{ Ohm}$$

## PEMBAHASAN

#### Analisa Kondisi Awal Sebelum Perbaikan Jatuh Tegangan

Berdasarkan hasil *Load Flow Analysis Software* ETAP 7.5 didapatkan data hasil simulasi berupa persentase jatuh tegangan pada ke 4 (empat) feeder dibawah 5 % dari tegangan kirim. Feeder tesebut antara lain feeder 2 (23,25%), feeder 3 (12,25%), feeder 4 (13,11%), dan feeder 5 (9,49%).



#### Analisa Hasil Pengujian Sistem Dengan Pemasangan Kapasitor Bank

Setelah menentukan kebutuhan dan lokasi pemasangan kapasitor bank disetiap feeder, dengan melakukan pemodelan pada ETAP maka diperoleh tegangan setiap feeder. Dari hasil perhitungan kebutuhan kapasitor bank untuk feeder 2 diperoleh kebutuhan kapasitor sebanyak 6 x 300 kVAR dengan lokasi penempatan pada trafo SK.161, trafo

SK.188, trafo SK.146, trafo BR.172, trafo TK-271 dan trafo TK.094. Pada feeder 3 kebutuhan kapasitor sebanyak 4 x 300 kVAR dengan lokasi penempatan pada trafo ML.027, trafo SB.012, trafo SB.007 dan TK.099. Pada feeder 4 kebutuhan kapasitor sebanyak 2 x 300 kVAR dengan lokasi penempatan pada trafo CR.005, dan trafo BR.275. Pada feeder 5 kebutuhan kapasitor sebanyak 3 x 300 kVAR dengan lokasi penempatan pada trafo LJ.220, trafo LJ.068 dan trafo TK.125. Setelah dilakukan simulasi menggunakan *Load Flow Analysis Software* ETAP 7.5, maka terjadi perubahan tegangan pada masing-masing titik beban seperti yang terdapat pada tabel 5.

**Tabel 5. Persentase Jatuh Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor bank**

No	Data Feeder	Status Perbaikan	Cos PHI	Daya Aktif (kW)	Daya Reaktif (kVAR)	Persentase Tegangan Terima Terendah pada 10 Lokasi Gardu Distribusi Sebelum dan Setelah Perbaikan Jatuh Tegangan (%)										Drop Tegangan Terendah (kV)
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2 (dua)	Eksisting	0,887	5.987	3.115	5,58	7,65	9,41	12,08	16,00	20,05	21,70	22,12	22,96	23,25	14,88
		Kapasitor	0,961	6.075	1.744	3,33	4,92	6,30	8,48	11,59	14,87	16,10	16,31	16,44	16,53	16,18
2	3 (tiga)	Eksisting	0,890	4.212	2.161	4,03	5,65	6,73	7,71	10,64	11,08	11,59	12,24	11,80	11,83	17,01
		Kapasitor	0,967	4.259	1.131	1,82	3,15	4,03	4,82	7,09	7,40	7,90	8,55	8,09	8,13	17,73
3	4 (empat)	Eksisting	0,903	2.434	1.155	5,20	5,66	7,05	9,47	10,46	11,94	12,20	12,71	13,00	13,11	17,21
		Kapasitor	0,969	2.459	624	3,68	3,90	5,10	7,17	8,02	9,38	9,64	10,14	10,43	10,54	17,72
4	5 (lima)	Eksisting	0,907	3.469	1.610	5,75	6,55	7,48	7,95	8,66	8,93	9,17	9,49	9,71	8,84	17,88
		Kapasitor	0,974	3.477	807	4,10	4,80	5,61	5,97	6,54	6,72	7,00	7,19	7,53	6,68	18,31



Keterangan :  
 : Persentase drop dibawah angka 5%  
 : Persentase drop diatas angka 5%

#### Analisa Hasil Pengujian Sistem Dengan Memperbesar Luas Penampang Penghantar SUTM

Pengujian sistem ini dilakukan dengan mengganti penghantar lama dengan penghantar baru yang memiliki luas penampang lebih besar dan memiliki impedansi paling kecil yaitu penghantar dengan ukuran luas penampang 240 mm<sup>2</sup>.

**Tabel 6. Persentase Jatuh Tegangan Setelah Memperbesar Penghantar Saluran**

No	Data Feeder	Status Perbaikan	Cos PHI	Daya Aktif (kW)	Daya Reaktif (kVAR)	Persentase Tegangan Terima Terendah pada 10 Lokasi Gardu Distribusi Sebelum dan Setelah Perbaikan Jatuh Tegangan (%)										Drop Tegangan Terendah (kV)
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2 (dua)	Eksisting	0,887	5.987	3.115	5,58	7,65	9,41	12,08	16,00	20,05	21,70	22,12	22,96	23,25	14,88
		Penghantar	0,882	5.884	3.144	4,05	5,58	6,64	7,82	9,55	11,29	11,99	12,17	12,53	12,65	16,93
2	3 (tiga)	Eksisting	0,890	4.212	2.161	4,03	5,65	6,73	7,71	10,64	11,08	11,59	12,24	11,80	11,83	17,01
		Penghantar	0,912	4.178	1.884	3,01	4,11	4,84	5,49	7,93	8,37	8,88	8,04	9,07	9,11	17,62
3	4 (empat)	Eksisting	0,903	2.434	1.155	5,20	5,66	7,05	9,47	10,46	11,94	12,20	12,71	13,00	13,11	17,21
		Penghantar	0,903	2.408	1.148	3,99	4,33	5,35	7,11	7,82	8,46	8,58	8,80	8,93	8,97	18,03
4	5 (lima)	Eksisting	0,907	3.469	1.610	5,75	6,55	7,48	7,95	8,66	8,93	9,17	9,49	9,71	8,84	17,88
		Penghantar	0,9053	3.406	1.595	3,32	3,40	3,90	4,01	4,32	4,48	4,73	4,66	4,67	4,39	18,88

Keterangan :  
 : Persentase drop dibawah angka 5%  
 : Persentase drop diatas angka 5%



## Analisa Hasil Pengujian Sistem Menggabungkan ke Dua Metode

Dalam pengujian ini dilakukan penggabungan metode perbaikan jatuh tegangan yaitu dengan pemasangan kapasitor bank dan memperbesar luas penampang penghantar saluran distribusi untuk dapat mendapatkan level tegangan yang memenuhi standar.

**Tabel 7. Persentase Jatuh Tegangan Setelah Menggabungkan ke Dua Metode**

No	Data Feeder	Status Perbaikan	Cos PHI	Daya Aktif (kW)	Daya Reaktif (kVAR)	Persentase Tegangan Terendah pada 10 Lokasi Gardu Distribusi Sebelum dan Setelah Perbaikan Jatuh Tegangan (%)										Drop Tegangan Terendah (kV)
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2 (dua)	Eksisting	0,887	5,987	3,115	5,58	7,65	9,41	12,08	16,00	20,05	21,70	22,12	22,96	23,25	14,88
		Kapasitor	0,961	6,075	1,744	3,33	4,92	6,30	8,48	11,59	14,87	16,10	16,31	16,44	16,53	16,18
		Penghantar	0,882	5,984	3,144	4,05	5,58	6,64	7,82	9,55	11,29	11,99	12,17	12,53	12,65	16,93
		Gabungan	0,985	6,173	1,096	1,00	1,81	2,31	2,82	3,48	4,37	1,66	4,63	4,28	4,21	18,54
		Kapasitor	0,890	4,212	2,161	4,03	5,65	6,73	7,71	10,64	11,08	11,59	12,24	11,80	11,83	17,01
2	3 (tiga)	Eksisting	0,967	4,259	1,131	1,82	3,15	4,03	4,82	7,09	7,40	7,90	8,55	8,09	8,13	17,73
		Kapasitor	0,912	4,178	1,884	3,01	4,11	4,84	5,49	7,93	8,37	8,88	8,04	9,07	9,11	17,62
		Penghantar	0,985	4,253	768	0,81	1,62	2,16	2,63	4,22	4,47	4,83	4,46	4,91	4,92	18,43
		Gabungan	0,903	2,434	1,155	5,20	5,66	7,05	9,47	10,46	11,94	12,20	12,71	13,00	13,11	17,21
		Eksisting	0,969	2,459	624	3,68	3,90	5,10	7,17	8,02	9,38	9,64	10,14	10,43	10,54	17,72
3	4 (empat)	Kapasitor	0,903	2,408	1,148	3,99	4,33	5,35	7,11	7,82	8,46	8,58	8,80	8,93	8,97	18,03
		Penghantar	0,940	2,440	852	1,30	1,46	2,85	2,69	2,97	3,21	3,26	3,36	3,43	3,47	19,12
		Gabungan	0,907	3,469	1,610	5,75	6,55	7,48	7,95	8,66	8,93	9,17	9,49	9,71	8,84	17,88
		Eksisting	0,974	3,477	807	4,10	4,80	5,61	5,97	6,54	6,72	7,00	7,19	7,53	6,68	18,31
		Kapasitor	0,9053	3,406	1,595	3,32	3,40	3,90	4,01	4,32	4,48	4,73	4,66	4,67	4,39	18,88
4	5 (lima)	Penghantar	0,9916	3,446	449,6	1,37	1,49	1,93	1,99	2,24	2,37	2,57	2,91	2,94	2,29	19,22
		Gabungan														

Keterangan :

: Persentase drop dibawah angka 5%

: Persentase drop diatas angka 5%

## Perhitungan Biaya Investasi

Dari hasil penghitungan penggunaan kapasitor yang dibutuhkan untuk *feeder* 2 sebanyak 6 unit dengan kapasitas 300 kVAR, *feeder* 3 sebanyak 4 unit dengan kapasitas 300 kVAR, *feeder* 4 sebanyak 2 unit dengan kapasitas 300 kVAR dan *feeder* 5 sebanyak 3 unit dengan kapasitas 300 kVAR. Jadi total penggunaan kapasitor sebanyak 15 unit.

**Tabel 8. Hasil perhitungan biaya investasi pemasangan kapasitor bank**

FEEDER	UKURAN (kVAR)	Jumlah (Unit)	HARGA (Rp)	BIAYA PEMASANGAN (Rp)	JUMLAH /FEEDER (Rp)
2 (dua)	300	6	40.500.000	4.050.000	267.300.000
3 (tiga)	300	4	40.500.000	4.050.000	178.200.000
4 (empat)	300	2	40.500.000	4.050.000	89.100.000
5 (lima)	300	3	40.500.000	4.050.000	133.650.000
TOTAL BIAYA INVESTASI F2 s/d F5					668.250.000

Dari hasil perhitungan dengan metode memperbesar luas penampang saluran udara tegangan menengah (SUTM) dilakukan pada sisi saluran utama saja sesuai yang telah dibahas sebelumnya untuk *feeder* 2 panjang 65,29 km, *feeder* 3 sepanjang 61,115 km, *feeder* 4 sepanjang 80,5 km dan *feeder* 5 sepanjang 50,78 km. Pada tahap pengujian ini penghantar yang digunakan

jenis AAAC dengan luas penampang saluran 240 mm<sup>2</sup>, untuk biaya investasi yang dikeluarkan untuk masing-masing *feeder* dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini.

**Tabel 9. Hasil perhitungan biaya investasi memperbesar luas penampang saluran udara tegangan menengah (SUTM)**

FEEDER	UKURAN KAWAT (mm <sup>2</sup> )	PANJANG SALURAN UTAMA (Km)	HARGA /1 kms (Rp)	BIAYA PEMASANGAN /1 kms (Rp)	JUMLAH /FEEDER (Rp)
2 (dua)	240	65,29	84.255.000	7.500.000	5.990.683.950
3 (tiga)	240	61,16	84.255.000	7.500.000	5.611.277.025
4 (empat)	240	80,54	84.255.000	7.500.000	7.389.947.700
5 (lima)	240	50,79	84.255.000	7.500.000	4.659.777.675
TOTAL BIAYA INVESTASI F2 s/d F5					23.651.686.350

Total biaya investasi yang dikeluarkan dengan menggabungkan dua metode ini adalah : Rp. 668.250.0000 + Rp. 23.651.686.000 = Rp. 24.319.936.350

Pada tabel 8 dan 9 jika dinilai secara ekonomis pemasangan kapasitor bank adalah merupakan solusi yang paling tepat untuk memperbaiki jatuh tegangan dimana biaya investasi yang dikeluarkan lebih murah jika dibandingkan dengan biaya investasi memperbesar luas penampang saluran, namun jika dinilai secara teknis menggabungkan kedua metode adalah solusi yang paling tepat digunakan jika dibandingkan metode pertama dan kedua walau dengan biaya investasi yang cukup besar, yang mana dengan menggabungkan kedua metode ini persentase jatuh tegangan yang dihasilkan memiliki nilai paling kecil dan mencapai nilai standar.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan sebelum dan sesudah perbaikan jatuh tegangan baik yang menggunakan metode kapasitor bank, metode memperbesar luas penampang saluran udara tegangan menengah (SUTM) dan metode penggabungan antara kedua metode pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV di kota Teluk Kuantan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil *Load Flow Analysis Software* ETAP 7.5 tegangan terima terendah sebelum penempatan kapasitor bank untuk *feeder* 2 sebesar 14,88 kV persentase *drop* 23,25%, *feeder* 3 sebesar 17,09 kV persentase *drop* 11,83%, *feeder* 4 sebesar 17,21 kV persentase *drop* 13,11%,

- feeder 5* sebesar 17,88 kV persentase *drop* 9,71%.
2. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank 6 x 300kVAR tegangan terima terendah pada *feeder 2* sebesar 16,18 kV persentase *drop* 16,53%, pemasangan kapasitor bank 4 x 300kVAR pada *feeder 3* sebesar 17,8 kV persentase *drop* 8,13%, pemasangan kapasitor bank 2 x 300kVAR pada *feeder 4* sebesar 17,72 kV persentase *drop* 10,54%, pemasangan kapasitor bank 3 x 300kVAR pada *feeder 5* sebesar 18,31 kV persentase *drop* 7,53%.
  3. Setelah memperbesar luas penampang saluran tegangan terima terendah pada *feeder 2* sebesar 16,93 kV persentase *drop* 12,65%, pada *feeder 3* sebesar 17,62 kV persentase *drop* 9,11%, pada *feeder 3* sebesar 18,03 kV persentase *drop* 8,97%, pada *feeder 4* sebesar 18,88 kV persentase *drop* 4,67%.
  4. Penggabungan antara kedua metode tegangan terima terendah pada *feeder 2* sebesar 18,57 kV persentase *drop* 4,21%, *feeder 3* sebesar 18,43 kV persentase *drop* 4,92%, *feeder 4* sebesar 19,12 kV persentase *drop* 3,47%, *feeder 5* sebesar 19,22 kV persentase *drop* 2,94%.
  5. Dari penjelasan pada poin 1 sampai dengan poin 4, perbaikan jatuh tegangan yang dapat memenuhi aspek teknis sesuai dengan tujuan dari penelitian ini adalah metode penggabungan antara pemasangan kapasitor bank dan memperbesar luas penampang penghantar saluran, jika dikaji secara ekonomis biaya investasi yang akan dikeluarkan dinilai sangat besar untuk sebuah biaya investasi perbaikan, akan tetapi jika dibandingkan dengan membangun sebuah gardu induk (GI) baru nilai ini masih sangat kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abrar Tanjung. 2012. Analisa Sistem Distribusi 20 kV untuk Memperbaiki Kinerja Sistem Distribusi Menggunakan *Electrical Transient Analysis Program*. SNTKI 4.ISSN :2085-9902
- Dede Kaladri. S. 2010. Studi Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Faktor Daya Dalam Rangka Menekan Biaya

- Operasional Pada Jaringan Distribusi 20 kV. *Jurnal Sain dan Teknologi*.
- Hutauruk, T.S, Prof. Ir. M.Sc. 1996. *Transmisi Daya Listrik*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Marsudi, Djiteng. 2005 *Pembangkitan Energi Listrik*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Restu Dwi Cahyanto. 2008. *Studi Perbaikan Kualitas Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Pupur dan Bedak Menggunakan Bank Kapasitor, Trafo Pengubah Tap dan Penggantian Kabel Penyulang*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.